

LOCALIZACIÓN DE OBSTÁCULOS SUMERGIDOS CON TÉCNICAS GEOFÍSICAS EN LA BAHÍA DEL MARIEL

Jacqueline Artiles Pérez,; Jorge Perdomo C, Jorge L; Moraima Álvarez O

GEOCUBA Estudios Marinos. Punta Santa. Catalina, s/n, Regla, La Habana, Cuba. Tele: 97 8255. Fax: 978165
E-mail: yaquelin@emarinos.geocuba.cu

RESUMEN

El trabajo recoge los resultados de las investigaciones geofísicas en un área propuesta para el dragado, con vistas a la construcción de una Terminal Internacional de Contenedores que facilitará la entrada de buques portacontenedores. Con el objetivo de obtener información, sobre la existencia de objetos ferrosos o contundentes cuya ubicación pueda provocar daños o roturas a las dragas de succión.

Las metodologías empleadas fueron: Levantamientos Magnético Marino, Perfilaje Sismoacústico Continuo y de Sonar de Barrido Lateral con Batimetría acompañante. La interpretación de estas, permitió obtener los planos de anomalías de la intensidad magnética total (ΔTa) así como los planos sonográficos o mosaicos en las tres zonas propuestas para la primera etapa de estudio. Posteriormente en una segunda etapa de certificación se incorpora el análisis de los planos de espesores de sedimentos. Lo que permite ubicar una serie de obstáculos sumergidos, ya sea sobre o enterrados en el fondo marino, para posteriormente ser verificados a través del buceo autónomo, y realizar su posterior extracción. Con ello se disminuye cualquier riesgo de rotura de la draga a emplear, garantizando un dragado más eficiente y seguro en dicha bahía.

ABSTRACT

The work gathers the results of geophysical researches in an area proposed for dragging, in order to the construction of a Container's National Terminal that will allow the entrance of porta-container. With the objective to obtain information, about the existence of ferrous or considerable objects whose position may provoke damages or breakings to the dredges of suction.

The Methodologies used are: Marine magnetic survey, seismic survey and side scan sonar in addition to Bathymetric survey. The interpretation of all of these allowed obtaining the anomalies of Total magnetic intensity (ΔTa) as well as the mosaics or sonographycal maps at the three zones proposed for the first stage of study. Later in a second stage of certification, the analysis of sediment thickness maps is incorporated. Which allow locating a series of submerged obstacles, either on a seabed or buried in it, in order to verify by Scuba diving in a later time and carrying out the extraction. With this analysis all kind of risk of breakings in the drag to use is reduced, guaranteeing a more efficient and insurance dredging in the mentioned bay.

INTRODUCCION

El área de trabajo fue subdividida en tres zonas que garantizan mejor representatividad de los resultados obtenidos, las que fueron denominadas como Zona norte o exterior, Zona central y Zona sur o interior. (Figura 1).

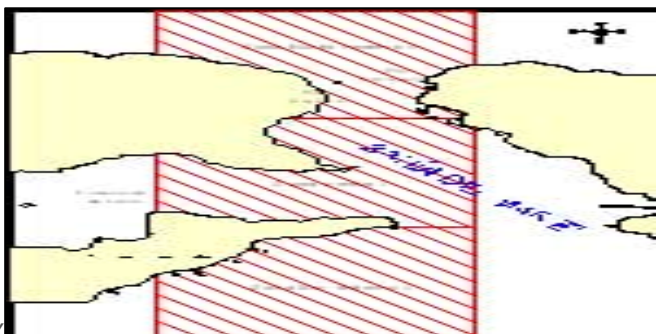


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

Los servicios abarcan las investigaciones geofísicas y batimetría acompañante para la ejecución del dragado en un sector de la bahía del Mariel, que permitirá el acceso de los buques a la Terminal Internacional de Contenedores, prevista a construirse en la península de Angosta. Se tiene previsto la creación de un canal de navegación bidireccional con una dársena de maniobras de 520,0 m de diámetro y un muelle para el atraque.

El estudio realizado se fundamenta en la necesidad de información sobre la existencia de objetos ferrosos o contundentes cuya ubicación pueda provocar roturas a la draga de succión (**QualityStar, HAM-309**) limitando los trabajos de dragados proyectados, al menos en el tiempo previsto, con el consecuente incremento de los gastos.

Se incluyen los resultados de los trabajos de verificación de las anomalías geofísicas asociadas con posibles cuerpos sumergidos ferrosos o contundentes que yacen enterrados parcial o totalmente en los sedimentos friables del lecho marino, a fin de caracterizarlos y clasificarlos siempre que las condiciones de visibilidad lo permitan.

MATERIALES Y METODOS

Las actividades en el área de estudio comenzaron con la ejecución de los trabajos experimentales, con vistas a determinar la geometría y los parámetros óptimos de medición con los métodos a emplear.

Levantamiento Magnético Marino (LMM)

Su empleo tuvo como objetivo, la detección y posicionamiento de los principales objetos ferrosos enterrados en los sedimentos blandos del lecho marino o yaciendo sobre este, para lo cual es necesaria la determinación de la distribución espacial de la intensidad magnética total (**T**). Las mediciones asociadas con esta metodología se realizaron con el Magnetómetro Protónico Marino 0,001 nT de resolución absoluta. Fotos No. 1 y 2.

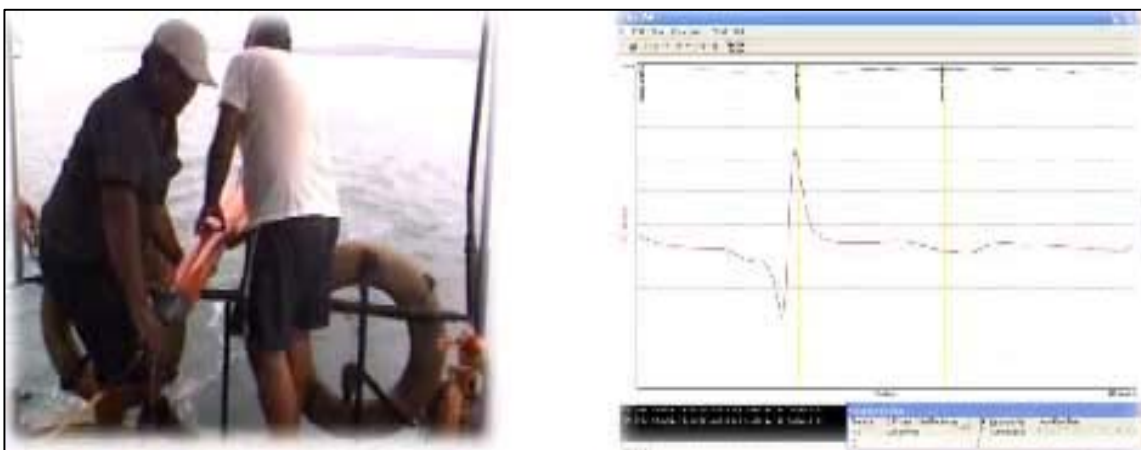


Foto 1 y 2: Sensor del Magnetómetro Protónico durante las labores del lanzamiento para el remolque. A la derecha, anomalía magnética reflejada en la pantalla durante el paso del sensor sobre un objeto ferroso.

El intervalo de medición en toda el área de estudio fue de 1 s. La distancia de remolque entre el sensor magnético y la embarcación de trabajo empleada, fue de 30 m con una boya atada a 4,0 m del cable de remolque, para garantizar la integridad física del sensor.

Las mediciones de campo se realizaron junto con el sondeo batimétrico, en una red regular de perfiles espaciados cada 10 m, con dirección variable en dependencia de la morfología del área de trabajo, que fue subdividida en tres zonas debido a la forma poco regular de la misma. En cada zona se ejecutaron al menos tres perfiles magnéticos perpendiculares para garantizar la nivelación de la red de mediciones y el cálculo del error medio cuadrático del levantamiento.

Los datos magnéticos obtenidos fueron corregidos por las variaciones temporales del campo (T) utilizando un segundo magnetómetro, ubicado durante la campaña de campo en el Observatorio Magnético Nacional, con el que se registró la intensidad de campo total (T) a intervalos de 1 minuto.

Para la corrección por campo geomagnético o campo normal (T_0) de los valores observados (T) en los perfiles marinos y obtener el plano de anomalías magnéticas del campo total (ΔT_a), se utilizó el modelo de referencia internacional IGRF – 2005 corregido a la posición y fecha de registro de los datos magnéticos.

Levantamiento con Sonar de Barrido Lateral (SBL)

Este método se empleó con la finalidad de determinar de forma rápida y precisa la posición de los objetos de constitución sólida (ferrosos o no), ubicados sobre el lecho marino o parcialmente enterrados en sus sedimentos friables (cieno-arcilloso), que pudieran ser imperceptibles. Foto No. 3.

El equipo empleado, posee dos sensores con doble frecuencia de emisiones bien definidas, totalmente digitalizados y con los que se pueden obtener imágenes acústicas de gran resolución (± 5 cm). Se utilizó una red menos densa de perfiles de investigación espaciados cada 50 ó 100 m y los rangos de exploración lateral empleados de 75 y 100 m, garantizan un solapamiento de un 100% entre líneas de investigación y el cubrimiento total del área investigada.

La velocidad promedio de la embarcación de sondeo fue de 3,0 nudos para garantizar la resolución adecuada en los registros sonográficos.



Foto No.3. Sonar de Barrido Lateral C – MAX.

Perfilaje Sísmico Continuo (PSC)

Para dicho método se empleó el perfilador de subfondo digital de la firma inglesa Applied Acoustics, integrado por: Fuente de energía sísmica CSP-D de 2400 joules, como emisor una fuente boomer AA300 montada sobre catamarán. Como elemento receptor, un hidrófono de ocho elementos piezoeléctricos de alta sensibilidad y 4,5 m de longitud y un sistema de adquisición de datos Coda DA 2000 soportado sobre una PC workstation, con cuatro canales de entrada de datos, dos trigger

independientes y dos puertos series con entradas para GPS. Para el procesamiento de datos fueron utilizados los softwares SBP Geokit, SSS Geokit y Coda Mosaic.

Esta metodología permitió determinar la yacencia del elemento reflector que subyace el lecho marino, determinando la profundidad del techo de la roca consolidada o subfondo del lecho marino y la potencia de los sedimentos friables o no consolidados. Para la obtención de los resultados se trabajó con la fuente boomer con una energía de 300 joules. Foto No. 5.



Foto No.5 Perfilador de subfondo digital de la firma inglesa Applied Acoustics.

Sondeo batimétrico acompañante (SB)

Este método se empleó en el área para apoyar la interpretación de los registros magnéticos, sísmicos y sonográficos, y garantizar la integridad física de los sensores a remolque. Se ejecutó con una ecosonda, con 107 kHz de frecuencia de emisión y rango de medición de 0 a 40 m, foto No. 4.



Foto 4. Ecosonda SI-TEX con un registro gráfico

Sistema de navegación de alta precisión empleado

Para georreferenciar la investigación con la calidad requerida se empleó el Sistema de Posicionamiento Global en la variante diferencial (**DGPS**). Los errores promedios obtenidos en la investigación fueron inferiores a $\pm 1,5$ m, en la mayor parte del área de estudio, lo que evidencia buena precisión del posicionamiento realizado.

Verificación de las anomalías geofísicas.

Luego de finalizados los trabajos de mar y sobre la base de la interpretación combinada de los registros magnéticos y sonográficos obtenidos se seleccionaron las anomalías geofísicas más importantes para su verificación. Los trabajos de verificación fueron ejecutados con las técnicas de buceo autónomo y el auxilio de una cámara de video digital submarina. Las actividades asociadas se desarrollaron en los períodos de mayor iluminación solar y mejor estado del mar (calma), con el fin de garantizar la mayor visibilidad posible sobre el lecho marino.

RESULTADOS

Como resultado del **LMM** se confeccionaron los mapas de anomalías magnéticas de la intensidad total (ΔTa), (figura 2). De una simple inspección visual, podemos inferir que el área se caracteriza por presentar un campo magnético débilmente anómalo, de signo variable y con amplitudes pequeñas de las anomalías, menores de 100 nT. El área de estudio está representada por valores positivos del campo anómalo (líneas de color azul en los mapas magnéticos), hacia la parte central y sur, en la norte (canal de entrada a la bahía del Mariel) predominan valores negativos.

Las intensidades de las anomalías varían poco, a excepción de los lugares donde pueden existir objetos ferrosos o contundentes (chispay o tablestaca, barco hundido, anclas, cadenas, etc) enterrados parcial o totalmente en el lecho marino y las amplitudes de las anomalías suelen ser muy superiores a 100 nT. Los casos más significativos fueron valores alrededor de -10000 y 5000 nT de intensidad de la zona anómala, ubicada en el borde occidental del canal de entrada a la bahía, a la altura de El Cayuelo.

En la zona norte el relieve del lecho marino presentan un comportamiento muy irregular, con pendientes grandes en todo el eje del canal de acceso a la bahía del Mariel y con una variación rápida de las profundidades.

En la zona central no se detectaron anomalías magnéticas que pudiéramos asociar con seguridad a objetos ferrosos o contundentes. Aquí las profundidades del lecho marino tienen un comportamiento más regular y tranquilo, a excepción del bajo arenoso punta Regla que penetra abruptamente, atravesando dicha zona por la parte central en dirección este – oeste. Sobre el bajo, las pendientes son moderadas y las profundidades varían con cierta rapidez. Las mayores profundidades se alcanzan al norte de la zona central y las mínimas sobre los bajos punta Regla y punta del Fuerte respectivamente. Consultar figuras 2 y 3.

En la zona sur o interior se detectaron una serie de anomalías que consideramos pudieran estar asociadas con objetos ferrosos o contundentes no inspeccionadas durante los trabajos de verificación por la escasa visibilidad del agua. Las menores profundidades se localizan en la porción suroeste y las máximas en la noreste.

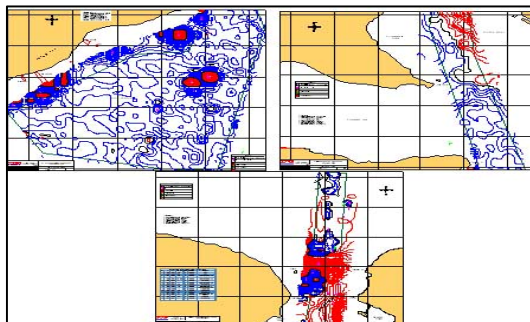


Figura 2: Plano de anomalías de la intensidad magnética total (ΔT_a) en las tres zonas.

En total fueron seleccionados 24 puntos anómalos para su verificación mediante las técnicas del buceo autónomo y la cámara de video submarina (1^{era} Etapa), (tabla. 1).

Tabla I. Relación de puntos magnéticos anómalos más importantes.

No.	H(m)	Ubicación	Descripción
1	-18,0	Zona norte	Barco
2	-22,0	Zona norte	Barco
3	-4,0	Zona norte	Restos de barco hundido
4	-4,0	Zona norte	Restos de barco hundido
5	-11,0	Zona sur	
6	-11,0	Zona sur	
7	-11,0	Zona sur	
8	-5,0	Zona sur	
9	-6,0	Zona sur	
10	-6,0	Zona sur	
11	-14,0	Zona norte	Ancla y cadena
12	-10,0	Zona Sur	
13	-6,0	Zona sur	
14	-5,0	Zona sur	
15	-3,0	Zona sur	
16	-12	Zona norte	Restos de barco hundido
17	14	Zona norte	Restos metálicos
18	-28	Zona norte	Boya de señalización
19	-10	Zona norte	Torre metálica, peso muerto metálico y cadena de unión
20	-10	Zona norte	Tanque metálico
21	-14	Zona norte	Restos metálicos
22	-18	Zona norte	Peso muerto conestructura Metálica (1,5X1,5X1,5m)
23	-11	Zona norte	Teja metálica
24	-22	Zona norte	Restos metálicos

A partir de los registros primarios o de campo de **SBL** obtenidos en formato digital, se confeccionaron los Mapas sonográficos (figura No.3). En estos se ubican los posibles cuerpos sumergidos o anomalías del **SBL** determinados. A juzgar por la homogeneidad en la textura y los cambios en la morfología de los mismos, se detectaron diferencias significativas en los niveles de intensidad de la señal dispersada, que nos permitieron asociarlas con posibles objetos sumergidos y los tipos de fondo existentes.

Del análisis de la textura, los cambios morfológicos de los registros de **SBL** y la información precedente se puede inferir en el área la existencia de dos tipos de fondo:

1. Fondo cieno arcilloso y arenoso.
2. Fondo rocoso

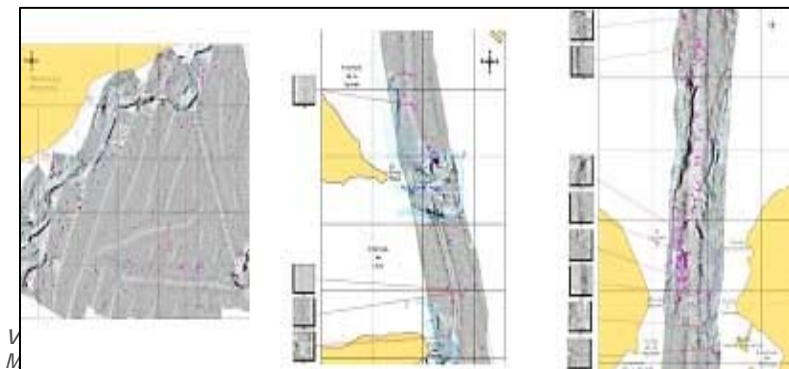


Figura 3: Planos sonográficos o mosaicos de las tres zonas

El fondo cieno arcilloso y arenoso se localiza en casi toda el área de estudios, con la excepción de la parte exterior y canal de entrada a la bahía del Mariel donde los espesores de sedimentos friables son nulos o muy escasos y existen las mayores profundidades del lecho marino.

A pesar de que con el **SBL** no podrán ser descubiertos aquellos cuerpos ferrosos o contundentes, que no afloren a la superficie del lecho marino, con el **LMM** son detectados todos los objetos ferrosos, estén aflorando o enterrados varios metros en los sedimentos blandos que conforman este fondo, ocultos a la vista humana y al empleo de otros métodos de investigación, por ejemplo la Batimetría. Ambos métodos se complementan.

Como resultados del levantamiento con **SBL** se obtiene también, un reporte o catálogo con los parámetros más importantes de las anomalías o posibles cuerpos sumergidos detectados en los registros sonográficos. Muchas de las anomalías magnéticas de mayor interés a los efectos del dragado, asociadas con los objetos ferrosos tienen su reflejo en el mosaico sonográfico correspondiente, entre los que podemos citar el barco hundido (figura No.4) y otros inferidos de los registros del **SBL**, por sus formas alargadas y alturas sobre el fondo del mar, que proyectan sombra, como por ejemplo chyspay o tablestacas metálicas, enterradas parcialmente en el fondo marino.

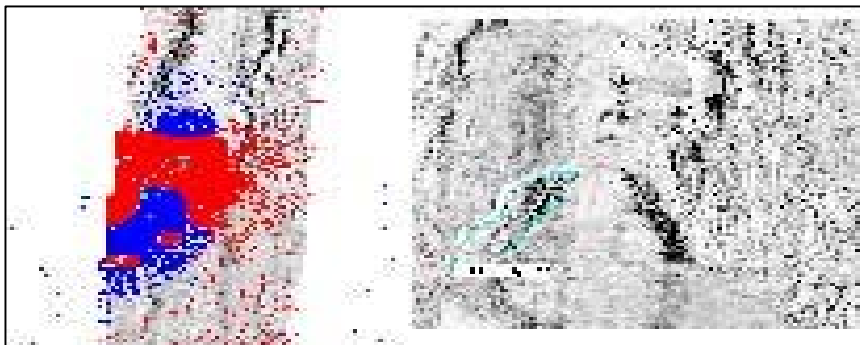


Figura 4: Anomalías del Campo Magnético (T) y SBL sobre el Barco hundido.

Al oeste de zona sur, en el área proyectada como vaciadero y fuera de los límites del área a dragar, existen una serie de objetos ferrosos o contundentes que yacen visiblemente y crean anomalías geofísicas. En los planos se incluyen imágenes sonográficas de los posibles cuerpos sumergidos representativos de cada zona, según el criterio de los investigadores.

En total fueron seleccionados 180 puntos anómalos de **SBL** para su verificación mediante las técnicas del buceo autónomo y la cámara de video submarina. En la zona norte 73 puntos anómalos, 18 en la central y 89 en la interior. La altura promedio de los objetos sobre el fondo es de 0,52 m aunque pueden alcanzar los 6,04 m, la longitud media es de 5,6 m alcanzando los 80,0 m sobre el barco hundido, mientras que el ancho promedio es de 2,02 m alcanzando los 20,32 m también sobre el mismo punto.

Resultados de la verificación de las anomalías geofísicas.

Los trabajos de verificación de las imágenes submarinas, obtenidas con la Cámara en las tres zonas investigadas dependieron de la turbidez del agua para el periodo de trabajo. Por tal motivo se ejecutaron los trabajos de verificación en la zona norte, donde existen las mayores profundidades, son nulos los espesores de sedimentos no consolidados (suelo) y mejores las condiciones de visibilidad. En las zonas central y sur, donde los espesores de suelo son mayores y presentaron gran



cantidad de partículas en suspensión, se dificultó la visibilidad y, la resolución de la cámara de video submarina.

Los trabajos de verificación de las anomalías geofísicas con la cámara de video permitieron determinar, en los casos donde fue posible, la naturaleza de las anomalías del **SBL** y realizar la clasificación de las mismas en naturales (formaciones coralinas, afloramientos rocosos, cabezos aislados, cambios morfológicas en el relieve del lecho marino, etc.) y artificiales o antrópicas.

2^{da} Etapa de Certificación

Después de esta primera etapa se planteó la necesidad de realizar estudios más detallados correspondientes al proyecto técnico ejecutivo para dragado en la caja de atraque y dársena de maniobras (Zona Sur). Por lo que se realizó una investigación con perfilaje sísmico continuo y levantamiento magnético marino, obteniéndose un número de anomalías por ambos métodos (tabla No.2). Con el sonar de barrido lateral se corroboró las huellas echas por la draga que realizó la extracción de los mismos, pero no reveló nuevas anomalías de interés para el dragado en el área.

En esta segunda etapa de certificación, el proceso de verificación de las anomalías geofísicas detectadas se ejecutó con el empleo de medios mecánicos (grúas) e investigaciones subacuáticas (buceo) cuyos resultados se muestran en la tabla. II (Consultar al final).

Tabla No. III. Resumen de elementos contundentes más importantes.

No.	ID	X	Y	Método	Profundidad (m)	Descripción
18	1 PM2	319902	353791	Magnético	-10,5	Objeto contundente mediano, enterrado 1,8 m en cieno, al parecer peso muerto y cadena.
22	5 PM4 PM5	319759	353751	Magnético	-10,5	Objetos contundentes parcialmente enterrados en cieno, 2 pesos muertos y tramos de cadenas con 100 mm de diámetro.
32	15 PM3	319667	353813	Magnético Sísmico	-10,0	Objeto contundente mediano, al parecer peso muerto y cadena, enterrado 1,5 m en cieno.
33	16 PM1	319854	353903	Magnético Sísmico	-10,5	Objeto contundente mediano, al parecer peso muerto y cadena, enterrados 1,0 m en cieno.

CONCLUSIONES

Del análisis e interpretación compleja de los resultados de las investigaciones geofísicas realizadas en el área de estudio, los planos y gráficos confeccionados y toda la información disponible consultada, podemos arribar a las siguientes conclusiones:

- A partir de la aplicación integrada del **LMM**, **SBL**, **PSC** y el **SB** acompañante se pudieron determinar, las anomalías geofísicas asociadas con los posibles objetos ferrosos o contundentes del área de estudio, en dependencia de las condiciones naturales de la misma. Esta información permite racionalizar y orientar los trabajos de inspección visual directa o la toma de muestras de sedimentos del lecho marino.
- Debido a las limitadas condiciones de visibilidad existentes en una parte del área de estudio, no se pudo realizar una verificación de las anomalías geofísicas en toda el área, solamente donde existió la menor cantidad de partículas en suspensión y mayor transparencia del agua.
- La zona de anomalías magnéticas de mayor extensión e intensidad se corresponde, a nuestro juicio, con el objeto de mayor interés para los efectos del dragado en la zona exterior, con un barco hundido de gran longitud según las imágenes sonográficas obtenidas.



- La mayoría de las anomalías magnéticas detectadas en el área a dragar, asociadas con posibles objetos ferrosos tienen su reflejo en los mosaicos o planos sonográficos correspondientes. En los puntos donde no se aprecia correlación alguna con los mosaicos sonográficos, consideramos que los objetos ferrosos o contundentes se encuentran enterrados totalmente en el lecho marino y son imperceptibles a la aplicación del **SBL**.
- En la zona central se determinó la menor cantidad de anomalías magnéticas y de **SBL** que pudiéramos asociarlas con posibles obstáculos para el dragado (18), mientras que para la norte y sur se tienen las mayores cantidades de anomalías de SBL y de LMM.
- El fondo cieno arcilloso y arenoso se localiza en casi toda el área de estudios, a excepción de la parte exterior y canal de entrada a la bahía del Mariel donde los espesores de sedimentos friables son nulos o muy escasos y aparece entonces el fondo rocoso.
- En la 2^{da} etapa de certificación se tienen como anomalías de mayor interés las siguientes: 18, 22, 32 y 33. Las cuales se encuentran a una profundidad aproximada de -10,0 m y al parecer corresponden a pesos muertos de un antiguo campo de boyas.

BIBLIOGRAFÍA

- Derrotero de las Costas de Cuba. Tomo I "Región Marítima del Norte": De Punta Gobernadora a Punta Hicacos. Servicio Hidrográfico y Geodésico de Cuba, 2003.
- Gordón, V, M et al. *Magnetometría Marina*. Editorial Nedra, 1986.
- Godínez, G.L **Informe Científico Técnico: Estudio Ingeniero – Geológico para Proyecto de Dragado. Bahía del Mariel**. GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2002.
- MET- 30 – 43 – 2004. GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2004.
- MET- 30 – 35 – 2004. GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2004.
- MET 30 -25: 2005.GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2004.
- MET 30 -29: 2005. GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2004.
- Revista *Información Técnica Científica Naval (ITCN)*. Número. 20, 1974.
- Perdomo, J.L. Informe Científico Técnico: Investigaciones Geofísicas y subacuáticas en el canal de acceso a la TCH. Bahía de La Habana, Ciudad de La Habana. GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2005.
- Perdomo, J.L *Informe Científico Técnico: Investigaciones Geofísicas Aplicadas e Inspección subacuáticas en el Oleoducto y Campo de Boyas de Feltón, Holguín*. GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2005.
- Perdomo, J.L. *Informe Científico Técnico: Resultados de las investigaciones Geofísicas de Factibilidad para Proyecto de Dragado. Bahía del Marie. Provincia La Habana*. GEOCUBA Estudios Marinos. Ciudad de la Habana, 2002.

Tabla II. Relación de puntos anómalos y resultados de la verificación.

No.	ID	Método	H (m)	Descripción
1	1	PSC	-8,5	Nada detectado con varilla de 2,0 m de longitud.
2	2		-8,5	Objeto contundente pequeño, al parecer de hierro, forma ovalada y enterrado 1,2 m en el cieno.
3	3A		-8,5	Nada detectado con la varilla de 2,0 m de longitud.
4	3B		-8,5	
5	4A		-9,0	
6	4B		-9,0	
7	5		-9,0	
8	6A		-9,5	Detectado objeto contundente de 3-4 m de longitud, enterrado en el cieno 1,3-1,5 m, al parecer un bote o similar.
9	6B		-9,5	Nada detectado
10	7		-10,0	Objeto contundente mediano, enterrado en el cieno 1,5 m, al parecer un peso muerto y cadena.
11	8		-9,5	Objeto contundente enterrado 1,2 m en el cieno, al parecer de concreto.
12	10		-10,0	Fragmentos rocosos muy pequeños, en forma de conglomerado dispersos.
13	11		-10,5	Objeto contundente mediano, al parecer peso muerto y cadena, enterrados 1,0 m en el cieno.
14	12		-4,2	Restos sumergidos de (11x14 m) de la Patana hundida.
15	13		-8,5	Restos de planchuela metálica muy destruidos y penetrados fácilmente con las varillas auxiliares.
18	1 PM2	LMM	-10,5	Objeto contundente mediano, enterrado 1,8 m en el cieno, al parecer peso muerto y cadena.
19	2		-10,5	Tubo de hierro de 2"-3" enterrado parcialmente en cieno, aflora 1,5 m. No se pudo extraer manualmente.
20	3		-10,0	Nada metálico detectado, fragmentos rocosos pequeños dentro del cieno a 0,2-0,4 m.
21	4		-10,0	Objeto contundente enterrado en cieno 0,2- 0,4 m, diámetro pequeño, al tacto del buzo parece una cadena.
22	5 PM4 -PM5		-10,5	Objetos contundentes parcialmente enterrados en el cieno, 2 pesos muertos y tramos de cadena con 100 mm de diámetro.
23	6		-9,0	Tubo de hierro enterrado en el cieno entre 1-1,5 m de forma horizontal y más de 3,0 m de longitud, diámetro 2"-3". No se pudo extraer manualmente por los buzos.
25	8		-9,5	Objeto contundente enterrado 1,8 m en el cieno, al parecer de un pilote de concreto.
26	9		-9,0	Tanque metálico (1,5X1,5 m) semienterrado en el cieno, aflora 0,3-0,4 m.
28	11			Nada contundente detectado.
32	15 PM3		-10,0	Objeto contundente mediano, al parecer un peso muerto y cadena, enterrado 1,5 m en cieno.
33	16 PM1		-10,5	Objeto contundente mediano, al parecer un peso muerto y cadena, enterrados 1,0 m en el cieno.
34	17		-8,5	Por Verificar.

Existe coincidencia entre las anomalías sísmicas puntos 10 y 13 con las magnéticas de los puntos 32 y 33. (PM: peso muerto)

